

HETEROSIS DAN HERITABILITAS PADA PROGENI F1 HASIL PERSILANGAN KEKERABATAN JAUH TANAMAN KARET

*Heterosis and Heritability of F1 Progenies Resulted from
Rubber Crossing of Far Genetic Relationship*

SAYURANDI dan AIDI-DASLIN

Summary

Improving genetic potency is an important factor in efforts to increase rubber yield. Rubber breeding progress depends very much on the potency and source of genetic variability obtained from crossing activity among parental clones which have far genetic relationship. Selection on F1 progenies population hopely could produce better generation compared with the both parents of which the characteristics could be measured by heterosis value, heterobeltiosis value, degree of gene dominance based on potency value ratio, and heritability. To study the parameters effect, an analysis was carried out by using fourty F1 progenies at six years old resulted from crossing between clones PB 260 and PN 7111 which owned far genetic relationship. Analysis showed that the variation was significant for seven variables observed, with coefficient of variance of latex yield (62.39%), girth (22.02%), number of latex vessel rings (28.17%), diameter of latex vessel rings (17.72%), plugging index (41.01%), sucrose content (30.13%), and inorganic phosphate content (69,78%). Heterosis value of girth character of progeny no. 1089, 1184, and 1086 owned positive value, while the other progenies owned negative value. Heterobeltiosis value of girth character of fourty F1 progenies owned negative value. Also, latex yield character of fourty F1 progenies had negative heterosis and heterobeltiosis values. Based on the degree of gene dominance measured from ratio potency value on girth character, progeny no. 1089, 1184, and 1086 showed imperfect positive dominant gene action, while on latex yield character, fourty F1 progenies showed imperfect negative dominant gene action. The heritability value of latex yield character, number of latex vessel rings, diameter of latex vessel rings, sucrose content, and inorganic phosphate content were higher with h^2 value between 0.52 - 0.85, while heritability value of girth and plugging index character were moderate with h^2 value 0.39 and 0.47, respectively.

Keywords : Hevea brasiliensis, genetic variability, heterosis value, heritability

Ringkasan

Perbaikan potensi genetik merupakan faktor yang penting dalam upaya meningkatkan produktivitas karet. Kemajuan pemuliaan karet sangat tergantung kepada potensi dan ketersediaan sumber keragaman genetik, yang diperoleh melalui kegiatan persilangan antara tetua yang memiliki hubungan kekerabatan jauh. Seleksi progeni pada populasi F1 diharapkan dapat menghasilkan keturunan yang lebih baik dari kedua tetuanya, yang besarnya dapat diukur dari nilai heterosis, heterobeltiosis, derajat dominansi gen yang diukur dari rasio nilai potensi, dan heritabilitas. Untuk mempelajari pengaruh parameter tersebut dilakukan

suatu analisis dengan menggunakan 40 progeni F1 umur enam tahun hasil persilangan PB 260 dan PN 7111 yang memiliki hubungan kekerabatan genetik jauh. Hasil analisis menunjukkan keragaman yang cukup signifikan pada tujuh peubah yang diamati, dengan koefisien keragaman produksi g/p/s (62,39%), lilit batang (22,02%), jumlah ring pembuluh lateks (28,17%), diameter pembuluh lateks (17,72%), indeks penyumbatan (41,01%), kadar sukrosa (30,13%), dan kadar fosfat anorganik (69,78%). Berdasarkan nilai heterosis pada karakter lilit batang, progeni nomor 1087, 1184, dan 1086 memiliki nilai heterosis bernilai positif, sedangkan progeni yang lain bernilai negatif. Nilai heterobeltiosis untuk karakter lilit batang dari 40 progeni F1 bernilai negatif. Demikian juga untuk karakter hasil lateks, 40 progeni F1 tersebut memiliki nilai heterosis dan heterobeltiosis bernilai negatif. Berdasarkan derajat dominansi gen yang diukur dengan rasio nilai potensi pada karakter ukuran lilit batang, progeni nomor 1089, 1184, dan 1086 menunjukkan aksi gen dominan positif tidak sempurna, sedangkan untuk karakter hasil lateks, keempat puluh progeni F1 menunjukkan aksi gen dominan negatif tidak sempurna. Nilai heritabilitas karakter hasil lateks, jumlah ring pembuluh lateks, diameter ring pembuluh lateks, kadar sukrosa, dan kadar fosfat anorganik tergolong tinggi dengan nilai h^2 antara 0,52 - 0,85, sedangkan nilai heritabilitas karakter lilit batang dan indeks penyumbatan tergolong sedang, dengan nilai h^2 masing-masing yaitu 0,39 dan 0,47.

Kata kunci : *Hevea brasiliensis*, keragaman genetik, nilai heterosis, heritabilitas.

PENDAHULUAN

Klon unggul merupakan salah satu komponen teknologi terpenting di dalam meningkatkan produktivitas perkebunan karet (Aidi Daslin *et al.*, 2009). Sampai dengan saat ini telah banyak dihasilkan klon-klon unggul dengan potensi mencapai 2500 - 3000 kg/ha/th. Potensi produktivitas tersebut menurut pendapat para ahli sebenarnya masih dapat ditingkatkan menjadi rata-rata 7000 kg/ha/th (Aziz, 1998). Dengan demikian sangat terbuka peluang bagi para peneliti pemuliaan untuk menghasilkan klon-klon karet unggul yang lebih produktif, dengan potensi rata-rata hasil karet kering lebih dari 3000 kg/ha/th.

Kemajuan pemuliaan sangat tergantung kepada potensi dan ketersediaan sumber keragaman

genetik. Untuk menciptakan keragaman genetik yang luas, di antaranya melalui kegiatan persilangan buatan (hibridisasi) yang bertujuan untuk mendapatkan turunan yang memiliki sifat unggul (efek heterosis yang tinggi dari kedua tetuanya). Melalui proses hibridisasi, juga diharapkan munculnya beberapa genotipe baru yang mewarisi sifat tetuanya (heritabilitas yang tinggi). Tingkat keragaman genetik yang dihasilkan tergantung kepada hubungan kekerabatan genetik dari tetua yang digunakan dalam persilangan. Persilangan dengan kekerabatan jauh, diharapkan dapat menghasilkan turunan yang lebih unggul yang terekspresi melalui daya waris kepada keturunan pertamanya (F1).

Seleksi secara visual pada progeni F1 dapat dilakukan dengan melihat penampilan tanaman yang

lebih baik dari tetuanya. Penilaian secara kuantitatif dapat dilakukan dengan berbagai cara, di antaranya yaitu dengan mengukur nilai parameter heterosis, heterobeltiosis, rasio potensi dan heritabilitas. Heterosis adalah penampilan progeni F1 yang lebih baik dibandingkan dengan rata-rata antara dua tetua persilangan, heterobeltiosis menunjukkan progeni yang lebih baik dari tetua terbaik, potensi rasio untuk mengukur derajat dominansi gen, sedangkan heritabilitas mengukur besarnya pengaruh gen yang diturunkan dibanding sifat fenotipnya (Crowder, 1986). Pada tanaman karet, persilangan tetua yang berproduksi tinggi selalu menunjukkan keragaman hasil pada keturunannya. Hal ini disebabkan karakter produksi merupakan sifat kuantitatif yang dikendalikan oleh banyak gen dengan konstitusi genetik yang bersifat *heterozygous*. Dengan demikian, produksi lateks pada tanaman karet sebenarnya merupakan *resultante* dari berbagai karakter komponen hasil. Beberapa karakter tanaman yang menurut hasil penelitian sangat berkaitan erat dengan produksi lateks antara lain jumlah cincin pembuluh lateks, diameter pembuluh lateks, kadar sukrosa, kadar fosfat anorganik, dan indeks penyumbatan (Yang dan Mo, 1990; Mesquita *et al.*, 2006).

Pemilihan klon yang digunakan sebagai tetua persilangan selalu didasarkan kepada potensi hasil lateks yang tinggi dan memiliki kekerabatan jauh. Turunan dari kombinasi tetua yang demikian diduga memiliki nilai heterosis bersifat positif dan daya gabung tinggi, demikian pula dengan

sebaliknya. Dengan demikian, pendugaan nilai heterosis dapat dilakukan dengan cara melihat nilai heterosis rata-rata penampilan tetua, nilai heterosis dari rata-rata penampilan tetua tertinggi, dan menghitung derajat dominansinya, sedangkan nilai heritabilitas digunakan sebagai landasan dalam menentukan program seleksi (Falconer, 1970).

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh heterosis dan heritabilitas dari progeni F1 hasil persilangan tanaman karet antar tetua berkerabat jauh.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan sejumlah 40 progeni F1 hasil persilangan dari tetua PB 260 X PN 7111 berumur enam tahun yang ditanam di Kebun Percobaan Balai Penelitian Sungei Putih. Klon PB 260 merupakan klon hasil seleksi di Malaysia dan merupakan keturunan dari populasi Wickham 1876, sedangkan klon PN 7111 merupakan klon hasil introduksi IRRDB 1981. Keempat puluh progeni F1 dan tetuanya ditanam pada jarak 2 x 2 m. Pengamatan dilakukan pada setiap progeni F1 dan kedua tetuanya seperti pengamatan lilit batang yang diukur pada ketinggian 50 cm di atas permukaan tanah. Pengamatan hasil karet kering (g/p/s) dilakukan dengan menggunakan sistem sadap 1/2S d3 pada ketinggian 50 cm dpt yang diamati setiap bulan. Pengamatan jumlah pembuluh lateks dan diameter pembuluh lateks menggunakan metode Gomez *et al.* (1972), dengan cara mengambil contoh kulit berdiameter 1 cm pada ketinggian

50 cm dpt. Indeks penyumbatan diamati dengan membandingkan volume lateks yang mengalir pada 5 menit pertama dengan total volume lateks yang dihasilkan dalam satu kali sadap dikali 100% (Milford *et al.*, 1969). Kadar sukrosa dan fosfat anorganik diukur dengan menggunakan contoh berupa serum lateks TCA (*trichloroacetic acid*). Serum lateks dibuat dengan cara mencampur 1 ml lateks dengan 9 ml TCA dalam botol film. Kadar sukrosa diukur berdasarkan reaksinya dengan *anthrone* menghasilkan turunan furfural yang berwarna hijau biru yang terabsorpsi pada panjang gelombang (λ) 627 nm (Dische, 1962). Pengukuran fosfat anorganik dilakukan berdasarkan prinsip reaksinya dengan molibdat menghasilkan kompleks Pi-molibdat berwarna biru yang terabsorpsi pada panjang gelombang (λ) 750 nm (Tausky dan Shorr, 1953). Nilai absorban diukur dengan spektrofotometer Beckham DU 650.

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan statistik sederhana dengan memanfaatkan program MINITAB ver. 15 untuk mendapatkan nilai tengah, minimum, maksimum, standar deviasi dan koefisien keragaman pada populasi progeni F1, sedangkan untuk mengetahui nilai heterosis, heterobeltiosis, dan derajat dominansi gen pada setiap progeni F1 menggunakan metode Laosuwan dan Atkins (1977) yaitu sebagai berikut:

1. Perbandingan nilai rata-rata penampilan progeni F1 dengan nilai rata-rata kedua tetuanya (*mid-parent* = MP) dihitung melalui rumus:

$$\text{Heterosis} = (F1 - MP) / MP \times 100\%$$

2. Perbandingan nilai rata-rata penampilan progeni F1 dengan nilai rata-rata tetua tertinggi (*higher parent* = HP) dihitung dengan rumus:

$$\text{Heterobeltiosis} = F1 - HP / HP \times 100\%$$

3. Perhitungan derajat dominansi antara rata-rata penampilan F1 dengan MP maupun rata-rata penampilan F1 dengan HP dihitung dengan menggunakan rumus rasio potensi (Petr dan Frey, 1966).

$$h = (mF1 - mMP) / (mHP - mMP)$$

dimana :

h = rasio nilai potensi

MF1 = nilai rata-rata penampilan F1

MMP = nilai rata-rata penampilan kedua tetuanya

MHP = nilai rata-rata penampilan tetua tertinggi

Berdasarkan rasio nilai potensi tersebut, maka derajat dominansi dapat diklasifikasikan sebagai berikut: apabila tidak ada dominansi ($h = 0$), dominansi sempurna ($h = +1$ atau $h = -1$), dominansi positif tidak sempurna ($0 < h < 1$), dominansi negatif tidak sempurna ($-1 < h < 0$), dan dominansi berlebih ($h > 1$).

Daya waris komponen produksi diketahui dengan menghitung nilai heritabilitas dalam arti luas (h^2) berdasarkan rumus (Stansfield, 1991) yaitu sebagai berikut:

$$h^2 = \sigma^2_g / \sigma^2_p, \text{ dimana } \sigma^2_p = \sigma^2_g + \sigma^2_e$$

Dimana:

σ^2_g = varians genotipe

σ^2_p = varians fenotipe

σ^2_e = varians lingkungan

Kriteria nilai heritabilitas adalah rendah bila $0 < h^2 < 0,2$, sedang bila $0,2 < h^2 \leq 0,5$, dan tinggi bila $0,5 < h^2 \leq 1$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaan dan Potensi Hasil

Analisis statistik sederhana terhadap keragaan dan potensi hasil lateks (g/p/s) disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pertumbuhan lilit batang dari keempat puluh progeni F1 hasil persilangan klon PB 260 X PN 7111 cukup beragam dengan koefisien keragaman 22,02%. Demikian pula dengan karakter lain yang diamati memiliki keragaman yang cukup tinggi dengan kisaran keragaman antara 17,72% - 69,78%.

Tabel 1 menunjukkan bahwa karakter produksi (g/p/s), indeks penyumbat, dan kadar fosfat anorganik memiliki nilai koefisien keragaman lebih dari 40%, sedangkan keragaman terendah

pada karakter diameter pembuluh lateks, dengan koefisien keragaman 11,72%. Hal ini menunjukkan bahwa karakter diameter pembuluh lateks dari keempat puluh progeni F1 cukup seragam (homogen), sedangkan untuk karakter-karakter yang lain cukup beragam. Adanya perbedaan karakter pada masing-masing progeni diduga lebih disebabkan oleh faktor genetik dari klon yang digunakan sebagai tetua persilangan. Klon PB 260 sebagai tetua betina merupakan klon dari populasi Wickham, sedangkan klon PN 7111 merupakan tetua jantan yang berasal dari koleksi IRRDB 1981. Besarnya keragaman yang terjadi pada karakter hasil karet kering (g/p/s) menunjukkan bahwa produksi karet sebagai sifat kuantitatif yang dikendalikan oleh banyak gen. Menurut Simmond (1989), karakter yang mempengaruhi produksi di antaranya pertumbuhan tanaman, ketebalan kulit, jumlah dan diameter pembuluh lateks, serta ketahanan penyakit. Hasil penelitian Woelan *et al.*, (2007) menyatakan bahwa karakter pro-

Tabel 1. Analisis statistik dari beberapa karakter yang diamati dari progeni F1 hasil persilangan

Table 1. Statistic analysis of some characters observed from F1 progenies crossing result

Deskripsi statistik Statistic description	Lilit batang Girth (cm)	Jumlah ring pembuluh lateks Number of latex vessel rings	Diameter ring pembuluh lateks Diameter of latex vessel rings (µm)	Produksi (g/p/s) Yield (g/t/t)	Indeks penyumbatan Plugging index (%)	Kadar sukrosa Sucrose content (mM)	Kadar fosfat anorganik Inorganic phosphate content (mM)
N	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Rata-rata Average	43,80	3,80	22,88	3,21	34,60	14,87	5,03
Minimum	24,20	2,00	14,38	0,47	5,94	6,83	1,86
Maksimum Maximum	57,00	6,00	32,50	10,58	60,87	27,32	20,73
Simpangan baku Standart deviation	9,65	1,07	4,06	2,05	14,19	4,48	3,51
Koef. Keragaman Coef. of variance	22,02	28,17	17,72	62,93	41,01	30,13	69,78

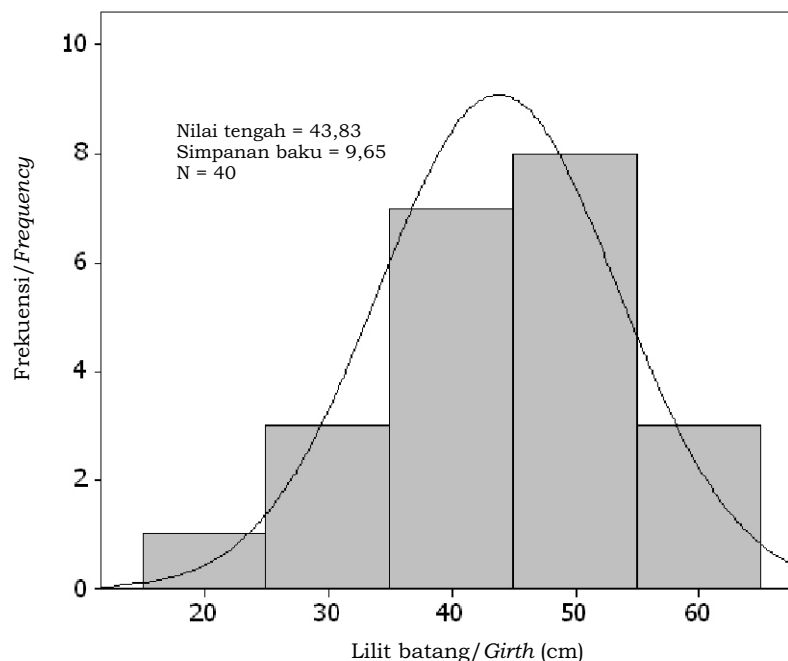
duksi secara langsung berhubungan dengan tebal kulit, jumlah dan diameter pembuluh lateks, serta lilit batang. Liu (1998) menyatakan bahwa tanaman karet memiliki sifat *heterozygous* sehingga keragaman yang terbentuk cukup tinggi untuk masing-masing karakter.

Sebaran data ukuran lilit batang dari empat puluh progeni F1 ditunjukkan pada Gambar 1.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa lilit batang 40 progeni F1 memiliki potensi hasil karet kering dengan keragaman yang cukup tinggi

Tabel 2. Data karakteristik komponen hasil lateks pada tetua persilangan
Table 2. Characteristic data on latex yield components of parental crossing

Tetua Parents	Lilit batang Girth (cm)	Jumlah ring pembuluh lateks Number of latex vessel rings	Diameter ring pembuluh lateks Diameter of latex vessel rings (µm)	Produksi (g/p/s) Yield (g/t/t)	Indeks penyum- batan Plugging index (%)	Kadar sukrosa Sucrose content (mM)	Kadar fosfat anorganik Inorganic phosphate content (mM)
PB 260	56,00	17,00	54,38	53,73	3,24	13,73	10,50
PN 7111	59,00	5,00	13,25	4,21	28,61	6,37	8,37



Gambar 1. Pola penyebaran ukuran lilit batang pada progeni F1 hasil persilangan

Figure 1. Distribution pattern of girth of F1 progenies crossing result

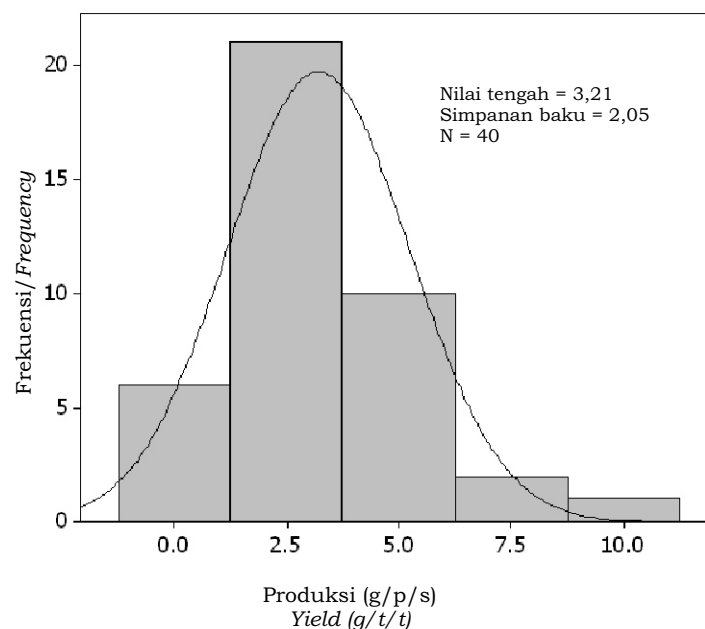
(koefisien keragaman 62,93%). Tingginya keragaman yang terbentuk memberikan indikasi bahwa banyak faktor yang berperan di dalam penentuan hasil lateks. Menurut Woelan dan Azwar (1990), peluang memperoleh klon unggul akan lebih besar apabila keragaman genetik yang terbentuk cukup luas.

Hasil lateks dari 40 progeni F1 lebih rendah dibandingkan dengan hasil karet kering dari tetua betina (PB 260) yaitu 53,73 g/p/s. Hal ini kemungkinan disebabkan persilangan antara tetua berproduksi tinggi dengan tetua berproduksi rendah menghasilkan keturunan yang memiliki produksi diantara kedua tetuanya. Mangoendidjojo (2002) menyatakan bahwa potensi produktivitas tanaman progeni F1 merupakan penampilan rata-rata kedua tetuanya, sedangkan

menurut Crowder (1986), penampilan progeni merupakan penampilan gabungan sifat dari kedua tetuanya.

Heterosis, Heterobeltiosis, dan Derajat Dominansi

Efek heterosis sifat pertumbuhan dan hasil pada progeni F1 mempunyai arti yang sangat penting dalam pembentukan klon unggul. Persentase nilai progeni F1 yang disebabkan oleh heterosis *mid parent* (MP) maupun *higher parent* (HP) dan nilai potensi rasio (h) dari setiap komponen produksi (lilit batang, jumlah pembuluh lateks, diameter pembuluh lateks, indeks penyumbatan, kadar sukrosa, kadar fosfat anorganik, dan hasil karet kering disajikan pada Tabel 2.



Gambar 2. Pola penyebaran produksi karet pada progeni F1 hasil persilangan
Figure 2. Distribution pattern of yield of F1 progenies crossing result

Tabel 3. Heterosis (MP), heterobeliosis (HP), dan derajat dominansi gen (h) pada setiap komponen produksi dari progeni F1 hasil persilangan

Table 3. *Heterosis (MP), heterobeliosis (HP), and degree of gene dominance (h) on each yield component of F1 progenies crossing result*

Nonor progeni Progeny number	Lilit batang Girth (cm)		Jumlah ring pembuluh latex Number of latex vessel rings		Diameter ring pembuluh latex Diameter of latex vessel rings (µm)		Indeks penyumbatan Plugging index (%)		Kadar sukrosa Sucrose content (mM)		Kadar fosfat anorganik Inorganic phosphate content (mM)		Produksi (g/p/s) Yield (g/t/t)	
	MP (%)	HP (%)	h	MP (%)	HP (%)	h	MP (%)	HP (%)	MP (%)	HP (%)	MP (%)	HP (%)	MP (%)	HP (%)
1089	0,5	-9,2	0,05	-63,6	-1,17	-76,5	-31,6	-57,5	82,8	33,2	2,22	2,23	-81,0	-89,7
1184	1,8	-8,1	0,17	-63,6	-1,17	-76,5	-26,0	-54,0	92,7	40,5	2,22	2,23	-81,0	-89,7
1186	-16,8	-24,8	-1,57	-68,2	-79,4	-88,2	-7,5	-42,5	68,2	22,6	2,23	2,23	-87,1	-93,0
1085	-32,7	-39,2	-3,05	-81,8	-88,2	-1,50	-37,1	-60,9	61,4	41,4	3,1	1,11	-90,8	-90,8
1031	-2,9	-12,3	-0,27	-72,7	-82,4	-1,33	-24,2	-52,9	228,5	93,5	3,96	3,96	-98,0	-1,03
1084	-47,5	-52,6	-4,43	-72,7	-82,4	-1,33	-18,6	-49,4	228,5	93,5	3,96	3,96	-98,0	-1,03
1086	0,1	-9,7	0,01	-68,2	-79,4	-1,25	-5,7	-41,4	177,5	63,4	2,54	2,54	-97,6	-1,02
1106	-55,4	-59,7	-5,17	-68,2	-79,4	-1,25	-16,8	-48,3	177,5	63,4	2,54	2,54	-97,6	-1,02
867	-22,5	-30,0	-2,10	-72,7	-82,4	-1,33	-31,6	-57,5	256,7	110,0	3,68	3,68	-94,0	-1,04
1187	-43,9	-49,4	-4,10	-77,3	-85,3	-1,42	-16,8	-48,3	6,9	-37,1	0,10	0,10	-94,2	-1,05
1029	-7,9	-16,8	-0,73	-54,5	-70,6	-1,00	-31,6	-57,5	86,6	9,9	1,24	1,24	-96,5	-1,00
1167	-20,0	-27,7	-1,87	-63,6	-76,5	-1,17	-46,4	-66,7	226,0	92,0	3,24	3,24	-91,4	-0,99
1183	-13,0	-21,5	-1,22	-54,5	-70,6	-1,00	-33,4	-58,6	236,3	98,1	3,39	3,39	-93,0	-1,01
863	-11,8	-20,3	-1,10	-63,6	-76,5	-1,17	-29,7	-56,3	51,8	-10,6	0,74	1,74	-87,0	-0,74
1165	-15,4	-23,5	-1,43	-72,7	-82,4	-1,33	-29,7	-56,3	163,4	55,1	2,34	2,32	-80,7	-0,95
864	-15,0	-23,2	-1,40	-81,8	-88,2	-1,50	-44,5	-65,0	307,7	140,1	4,41	3,52	-96,1	-1,03
869	-26,8	-33,9	-2,50	-59,1	-73,5	-1,08	-24,2	-52,9	428,8	211,4	6,14	2,73	-94,5	-1,02
868	-25,4	-32,6	-2,37	-63,6	-76,5	-1,17	-31,6	-57,5	156,2	50,9	2,24	2,87	-88,4	-1,04
1301	-11,6	-20,2	-1,08	-72,7	-82,4	-1,33	-31,6	-57,5	215,8	86,0	3,09	3,09	-93,2	-1,02
1303	-23,0	-30,5	-2,15	-63,6	-76,5	-1,17	-24,2	-52,9	217,4	86,9	3,11	1,46	-87,3	-1,05
1380	-32,1	-38,7	-3,00	-72,7	-82,4	-1,33	-29,7	-56,3	215,7	85,9	3,09	3,09	-93,1	-1,05
1304	-56,8	-61,0	-5,30	-77,3	-85,3	-1,42	-29,7	-56,3	358,7	170,1	5,14	12,5	-96,3	-1,09
834	-1,6	-11,1	-0,15	-63,6	-76,5	-1,17	-3,8	-40,2	269,4	117,6	3,86	2,02	-92,8	-1,02
930	-0,2	-9,8	-0,02	-63,6	-76,5	-1,17	-39,0	-62,1	230,9	94,9	3,31	4,1	-95,9	-1,08
933	-18,8	-26,6	-1,75	-81,8	-88,2	-1,50	-29,7	-56,3	163,6	55,2	2,34	1,55	-90,0	-0,96
1169	-34,6	-41,0	-3,23	-63,6	-76,5	-1,17	-39,0	-62,1	229,8	94,2	3,29	4,6	-92,2	-1,08
931	-4,8	-14,0	-0,45	-45,5	-64,7	-0,83	-31,6	-57,5	457,0	228,0	6,55	2,97	-98,3	-1,04
932	-49,5	-54,4	-4,62	-54,5	-70,6	-1,00	-35,3	-59,8	334,7	156,0	4,79	4,90	-96,9	-1,01
1168	-2,0	-11,5	-0,18	-54,5	-70,6	-1,00	-37,1	-60,9	18,4	40,5	0,07	1,32	-94,2	-1,04
1195	-57,3	-61,5	-5,35	-45,5	-64,7	-0,83	-26,0	-54,0	266,6	115,9	3,82	7,04	-93,7	-1,04
835	-24,5	-31,8	-2,28	-45,5	-64,7	-0,83	-27,9	-55,2	162,5	54,6	2,33	1,64	-91,3	-1,07
836	-45,9	-51,1	-4,28	-54,5	-70,6	-1,00	-40,8	-63,2	338,3	158,1	4,85	2,32	-95,9	-1,08
833	-9,8	-18,5	-0,92	-54,5	-70,6	-1,00	-51,9	-70,1	269,0	117,3	3,85	3,9	-97,5	-1,02
1170	-22,0	-29,5	-2,05	-72,7	-82,4	-1,33	-48,2	-67,8	45,5	-67,9	-0,65	1,46	-97,3	-0,97
1028	-15,0	-23,2	-1,40	-63,6	-76,5	-1,17	-57,5	-73,6	452,9	225,6	6,49	173,2	-96,7	-1,02
1226	-13,8	-22,1	-1,28	-72,7	-82,4	-1,33	-40,8	-63,2	230,9	94,9	3,31	3,68	-87,8	-0,91
1227	-17,3	-25,3	-1,62	-54,5	-70,6	-1,00	-48,2	-67,8	135,6	71,7	1,05	74,1	-97,5	-1,04
1441	-17,0	-25,0	-1,58	-72,7	-82,4	-1,33	-50,1	-69,0	101,2	46,6	2,72	57,6	-97,5	-1,04
1286	-28,8	-35,6	-2,68	-63,6	-76,5	-1,17	-40,8	-63,2	458,4	228,8	6,57	23,8	-92,1	-1,08
1287	-27,3	-34,4	-2,55	-72,7	-82,4	-1,33	-33,4	-58,6	-10,6	-34,8	-0,28	15,7	-86,1	-1,01

Berdasarkan sifat morfologi tanaman, nilai heterosis dan heterobeltiosis pada karakter lilit batang dari 40 progeni pada umumnya bernilai negatif, kecuali pada progeni nomor 1089, 1184, dan 1086 memiliki nilai heterosis bersifat positif yakni 0,5%, 1,8%, dan 0,1% (Tabel 2). Nilai heterosis karakter lilit batang berkisar -57,3% sampai 1,8%, sedangkan nilai heterobeltiosis berkisar -61,5% sampai -8,1%. Nilai heterosis dan heterobeltiosis untuk karakter jumlah pembuluh lateks dan diameter pembuluh lateks dari semua 40 progeni F1 bernilai negatif, dengan nilai heterosis masing-masing yakni berkisar -81,8% sampai -45,5% dan -57,5% sampai -3,8%, serta nilai heterobeltiosis masing-masing berkisar -88,2% sampai -64,7% dan -73,6% sampai -40,2%. Hal ini menunjukkan bahwa karakter jumlah ring pembuluh lateks, dan diameter pembuluh lateks dari 40 progeni pada umumnya kurang baik dibandingkan dengan rata-rata kedua induknya. Sifat morfologi dan anatomi dari 40 progeni F1 diharapkan memiliki nilai heterosis bersifat positif. Hal ini disebabkan karena karakter lilit batang, jumlah pembuluh lateks, dan diameter pembuluh lateks berkorelasi positif terhadap hasil lateks. Goncalves *et al.* (2005) menyatakan produksi lateks merupakan gabungan dari peranan sejumlah karakter komponen hasil, karakter yang saling berkaitan erat dengan produksi lateks adalah lilit batang, jumlah pembuluh lateks, dan diameter pembuluh lateks serta sifat fisiologi lainnya.

Berdasarkan sifat fisiologi tanaman, nilai heterosis dan heterobeltiosis untuk indeks penyumbatan dari 40 progeni F1 pada

umumnya bernilai positif, kecuali pada progeni nomor 1168, 1170, dan 1287 memiliki nilai heterosis dan heterobeltiosis bernilai negatif (Tabel 2). Nilai heterosis masing-masing progeni tersebut adalah -4,9%, -45,5%, dan -2,2%, sedangkan nilai heterobeltiosisnya adalah -44,0%, -67,9%, dan -42,4%. Nilai heterosis pada 40 progeni berkisar -45,5% sampai 458,4%, sedangkan nilai heterobeltiosis berkisar -67,9% sampai 228,8%. Nilai heterosis dan heterobeltiosis untuk indeks penyumbatan yang diharapkan adalah bernilai negatif. Hal ini disebabkan indeks penyumbatan berkorelasi negatif terhadap hasil lateks. Semakin tinggi nilai indeks penyumbatan maka tingkat koagulasi lateks dalam jaringan pembuluh lateks semakin besar (Novalina, 2009). Proses koagulasi lateks dalam jaringan pembuluh lateks akan mempercepat terhentinya aliran lateks. Sumarmadji (1999) dalam Novalina *et al* (2008) menyatakan apabila indeks penyumbatan tinggi, maka aliran lateks akan lebih cepat terhenti. Penyumbatan pembuluh lateks terjadi karena akibat flokulasi partikel karet di dalam pembuluh lateks, sehingga mempengaruhi aliran lateks. Flokulasi partikel karet terjadi akibat adanya kerusakan pada membran lutoid sehingga menyebabkan aliran lateks menjadi terhenti.

Nilai heterosis dan heterobeltiosis kadar sukrosa pada umumnya bernilai positif, dengan kisaran masing-masing adalah -31,7% sampai 173,2% dan -50,2% sampai 99,1%. Kadar sukrosa yang diharapkan seharusnya memiliki nilai heterosis positif, hal ini disebabkan kadar sukrosa berkorelasi positif terhadap produksi karet. Kadar

sukrosa berfungsi sebagai bahan utama dalam pembentukan partikel karet, semakin tinggi kadar sukrosa maka semakin banyak partikel karet yang terbentuk. Pada Tabel 2 juga terlihat nilai heterosis dan heterobeltiosis untuk kadar fosfat anorganik pada umumnya bersifat negatif. Terdapat tiga progeni memiliki kadar fosfat anorganik dengan nilai heterosis dan heterobeltiosis positif yakni progeni nomor 863, 1168, dan 1287 dengan nilai heterosis masing-masing 46,1%, 120,5%, dan 15,7%, sedangkan nilai heterobeltiosisnya 30,8%, 97,4%, dan 15,7%. Nilai heterosis untuk kadar fosfat anorganik berkisar -80,2% sampai 120,5% dan nilai heterobeltiosis berkisar -82,3% sampai 97,4%. Kadar fosfat anorganik yang diharapkan seharusnya memiliki nilai heterosis positif. Subroto (1985) menyatakan bahwa lama aliran lateks berkorelasi positif terhadap kandungan fosfat. Kandungan fosfor sangat berhubungan erat dengan tingkat stabilitas lateks di dalam jaringan tanaman. Kadar fosfat anorganik yang tinggi akan mampu mendukung berlangsungnya proses metabolisme tanaman terutama yang berkaitan dengan biosintesis lateks.

Nilai heterosis dan heterobeltiosis pada karakter hasil lateks (g/p/s) pada semua progeni F1 bersifat negatif dengan nilai heterosis berkisar -98,4% sampai -63,5% dan nilai heterobeltiosis berkisar -99,1% sampai -80,3%. Hal ini menunjukkan bahwa hasil lateks dari setiap progeni rendah dibandingkan dengan rata-rata hasil lateks dari kedua tetuanya maupun terhadap hasil lateks dari tetua tertinggi (PB 260).

Derajat dominansi gen berkaitan erat dengan aksi dan interaksi gen yang berbeda antara satu dengan yang lainnya, sehingga mengakibatkan pola segregasi pada alel akan berbeda pula. Tipe aksi gen dibedakan menjadi dua, yaitu interaksi antar alel pada lokus yang berbeda dan interaksi antar alel pada lokus yang sama (Murti *et al.*, 2004). Aksi gen dominan negatif tidak sempurna pada progeni F1 mengakibatkan ukuran progeni F1 lebih kecil daripada rata-rata kedua tetuanya, dan aksi gen dominan positif tidak sempurna mengakibatkan ukuran progeni F1 berada diantara rata-rata kedua tetuanya. Sebaliknya aksi gen dominan berlebih (*over dominant*) mengakibatkan ukuran progeni F1 berada di atas rata-rata tetuanya atau tetua terbaik.

Aksi gen dominan negatif tidak sempurna ditemukan pada karakter lilit batang yakni pada progeni nomor 1031, 1029, 834, 930, 931, 1168, dan 833. Progeni F1 tersebut memiliki ukuran lilit batang yang lebih kecil dibandingkan dengan rata-rata kedua tetuanya. Aksi gen dominan positif tidak sempurna ditemukan pada progeni nomor 1087, 1184, dan 1086. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran lilit batang pada progeni tersebut berada diantara rata-rata kedua tetuanya. Karakter yang menunjukkan berada diantara rata-rata dari kedua tetuanya, kemungkinan diakibatkan aksi gen dominan positif tidak sempurna. Ariyanto dan Subagyo (2004) menyatakan nilai heterosis dipengaruhi oleh aksi gen tidak aditif, sedangkan aksi gen aditif cenderung mempengaruhi nilai heritabilitas dalam arti sempit dari suatu karakter. Selain memper-

timbangkan aksi gen, persentase peningkatan penampilan progeni F1 yang diutamakan adalah hasil perbandingan F1-HP dari pada F1-MP (Chan, 2001). Berdasarkan aksi gen dominan positif tidak sempurna pada karakter lilit batang, maka progeni nomor 1087, 1184, dan 1086 dapat dipilih sebagai calon genotipe unggul, dengan pola pertumbuhan lilit batang berada diantara rata-rata kedua tetuanya.

Berdasarkan karakter hasil lateks, aksi gen dominansi negatif tidak sempurna ditemukan pada semua progeni F1. Hal ini mengindikasikan bahwa progeni yang dihasilkan dari persilangan PB 260 X PN 7111 memiliki hasil lateks yang sangat rendah. Walaupun demikian, ada sebagian progeni F1 yang memiliki potensi hasil lateks yang berada di antara rata-rata kedua tetuanya yakni progeni nomor 1186 dan 863, walaupun hasil lateksnya tidak setinggi tetua betinanya (PB 260). Rendahnya hasil lateks dari 40 progeni F1, diduga akibat peran gen dominan negatif tidak sempurna. Sebagian pada umumnya dari 40 progeni F1 cenderung mengikuti pola produksi tetua jantannya (produktivitas karet rendah).

Berdasarkan kajian di atas ternyata pada tanaman karet, persilangan antara tetua yang memiliki hubungan kekerabatan jauh belum tentu menghasilkan keturunan yang lebih unggul dibandingkan dengan kedua tetuanya. Hal ini kemungkinan lebih disebabkan tanaman karet memiliki sifat heterozigot, sehingga pewarisan sifat antara persilangan tanaman berkerabat jauh lebih didominasi oleh gen resesif yang bertindak di dalam menentukan sifat pada

keturunannya. Hal yang demikian menandakan bahwa untuk menghasilkan keturunan yang lebih unggul, sebaiknya dilakukan dengan cara menyilangkan bunga dari setiap tetua yang memiliki sifat unggul dengan jumlah hasil persilangan yang sebanyak-banyaknya. Dari hasil kombinasi dari masing-masing tetua diharapkan akan muncul sifat baik yang diwariskan kepada keturunannya. Tujuan akhir dari proses persilangan ini diharapkan memperoleh klon unggul berdaya hasil tinggi dan memiliki pertumbuhan serta sifat-sifat sekunder yang baik.

Heritabilitas

Heritabilitas merupakan suatu gambaran besarnya kontribusi faktor genetik terhadap fenotipik tanaman. Heritabilitas merupakan alat ukur dalam kegiatan seleksi pada pemuliaan tanaman dan merupakan dasar dari suatu perbaikan tanaman dalam upaya mendapatkan kultivar unggul. Nilai heritabilitas dan variabilitas genetik yang tinggi merupakan syarat efektif dalam kemajuan seleksi. Hal ini disebabkan setiap karakter diharapkan akan memberikan kemajuan yang besar jika karakter tersebut mudah untuk diwariskan kepada keturunannya. Nilai pendugaan komponen ragam dan heritabilitas disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan bahwa komponen produksi tanaman progeni F1 memiliki nilai varians genotipe yang lebih rendah dibanding varians fenotipe pada semua karakter yang diamati. Nilai varians genotipe untuk hasil lateks (g/p/s) sebesar 45,42 sedangkan varians fenotipenya sebesar 85,98.

Tabel 4. Nilai duga varians genotipe (σ_g^2), varians fenotipe (σ_p^2), dan heritabilitas (h^2) pada komponen produksi tanaman progeni F1
 Table 4. Estimate of genotype variances (σ_g^2), phenotype variances (σ_p^2), and heritability (h^2) of F1 progenies production components.

Variabel Variable	d_g^2	d_p^2	h^2	Kriteria Criteria
Hasil lateks <i>Latex yield</i>	45,42	85,98	0,53	tinggi
Lilit batang <i>Girth</i>	63,93	162,34	0,39	sedang
Jumlah ring pembuluh lateks <i>Number of latex vessel ring</i>	5,88	11,27	0,52	tinggi
Diameter pembuluh lateks <i>Diameter of latex vessel</i>	12,32	14,51	0,85	tinggi
Indeks penyumbatan <i>Plugging index</i>	285,26	607,66	0,47	sedang
Kadar sukrosa <i>Sucrose content</i>	11,39	18,69	0,61	tinggi
Kadar fosfat anorganik <i>Inorganic phosphate content</i>	34,55	60,11	0,57	tinggi

Variabel lilit batang memiliki varians genotipe sebesar 63,93 dan varians fenotipe sebesar 162,34. Jumlah pembuluh lateks dan diameter pembuluh lateks memiliki varians genotipe masing-masing sebesar 5,88 dan 12,32, sedangkan varians fenotipe masing-masing sebesar 11,27 dan 14, 51. Indeks penyumbatan memiliki nilai varians genotipe sebesar 285,26 dan varians fenotipe sebesar 607,66, demikian pula untuk kadar sukrosa dan fosfat anorganik memiliki nilai varians genotipe masing-masing sebesar 11,39 dan 34,55 dengan nilai varians fenotipe masing-masing sebesar 18,69 dan 60,11. Nilai varians genotipe pada setiap karakter lebih rendah dibandingkan dengan nilai varians fenotipenya. Hal tersebut menunjukkan adanya pengaruh lingkungan terhadap karakter yang diamati. Adanya interaksi antara genotipe dengan

lingkungan menyebabkan nilai varian fenotipe menjadi lebih besar.

Tabel 4 juga menunjukkan nilai heritabilitas setiap karakter dengan kriteria sedang sampai tinggi. Pada Tabel 3, nilai heritabilitas untuk karakter lilit batang dan indeks penyumbatan termasuk ke dalam kriteria sedang. Nilai heritabilitas sedang untuk suatu karakter menggambarkan karakter tersebut sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Interaksi antara faktor genotipe dengan lingkungan memiliki kemampuan yang sama kuatnya dalam mengekspresikan karakter tersebut, sehingga menyebabkan seleksi terhadap karakter-karakter tersebut kurang efektif dan karakter tersebut sangat sulit untuk diwariskan. Nilai heritabilitas untuk hasil lateks, jumlah pembuluh lateks, diameter pembuluh lateks, kadar

sukrosa, dan kadar fosfat anorganik memiliki kriteria tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa karakter-karakter tersebut lebih ditentukan oleh faktor genetik tanaman dibandingkan dengan faktor lingkungan. Menurut Fehr (1987), nilai heritabilitas yang tinggi untuk suatu karakter menggambarkan karakter tersebut lebih ditentukan oleh faktor genetik, karakter yang demikian akan lebih mudah diwariskan pada generasi berikutnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian diatas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari 40 progeni F1 yang diamati memiliki nilai keragaman yang cukup tinggi dengan koefisien keragaman produksi g/p/s (62,39%), lilit batang (22,02%), jumlah ring pembuluh lateks (28,17%), diameter pembuluh lateks (17,72%), indeks penyumbatan (41,01%), kadar sukrosa (30,13%), dan kadar fosfat anorganik (69,78%).
2. Sifat heterosis pertumbuhan lilit batang terlihat pada progeni nomor 1089, 1184, dan 1086, sedangkan untuk karakter jumlah ring pembuluh lateks, diameter pembuluh lateks, kadar sukrosa, kadar fosfat anorganik, dan produksi g/p/s, sifat keturunan tersebut lebih rendah daripada kedua tetua.
3. Berdasarkan derajat dominansi gen yang ditunjukkan dengan nilai potensi rasio pada karakter ukuran lilit batang, progeni nomor 1089, 1184, dan 1086 menunjukkan aksi gen dominan positif tidak sempurna, sedangkan berdasarkan karakter hasil lateks, 40 progeni F1 tersebut menunjukkan aksi gen dominansi negatif tidak sempurna.
4. Nilai heritabilitas karakter hasil lateks, jumlah pembuluh lateks, diameter pembuluh lateks, kadar sukrosa, dan kadar fosfat anorganik tergolong tinggi, sedangkan nilai heritabilitas karakter lilit batang dan indeks penyumbatan tergolong sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aidi-Daslin, S. Woelan, M. Lasminingsih, dan H. Hadi. 2009. Kemajuan pemuliaan dan seleksi. *Pros. Lok. Nas. Pemuliaan Tanaman Karet 2009*.
- Ariyanto, D. dan Subagyo. 2004. Variabilitas genetik dan evaluasi heterosis pada persilangan antar galur dalam spesies ikan mas. *J. Zuriat*, 15 (2), 118-124.
- Aziz, A. SAK. 1998. Introducing research result into practice. The experience with natural rubber. In Aziz, A. SAK and Schiweltzer, D. T. (eds) *Research Management*. RRIM Kuala Lumpur.
- Chan, Y. K. 2001. Heterosis in exotica x sekaki papaya hybrids. *J. Trop. Agric. and Fd. Sc.*, 29 (2), 134-144.
- Crowder, L. V. 1986. *Genetika Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press.
- Dische, Z. M. 1962. *Carbohydrate*. Chem. Acad. Press 1.

- Falconer, D. S. 1970. *Introduction to Quantitative Genetic*. The Ronald Press Company. New York. 365 p.
- Fehr, W. R. 1987. *Principles of Cultivar Development*. McMillan Publishing Company. New York.
- Gomez, J., R. Narayanan, and K. T. chen. 1972. Some structural factors affecting the productivity of *Hevea brasiliensis*: Quantitative determination of laticiferous tissue. *Rubb. Res. Inst. Malaya*. 23 (3), 193-203.
- Goncalves, P. S., A. B. B. Cardinal., R. B. Dacosta., N. Bortoletto, and L. R. L. Gouvea. 2005. Genetic variability and selection for laticiferous system characters in *Hevea brasiliensis*. *Genetic and Molecular Biology*. 28 (3), 414-422.
- Laosuwan, P. and R. E. Atkins. 1977. Estimates of combining ability and heterosis in converted exotic shorghum. *Crop. Sci*. 17 (1), 47-50.
- Liu, B.H. 1998. *Statistical Genomics: Linkage, Mapping and QTL Analysis*. Washington: CRC Pr.
- Mangoendidjojo, 2002. *Dasar-Dasar Pemuliaan Tanaman*. Kanasius. Yogyakarta.
- Mesquita, A. C., L. E. M. Oliveira, P. Mazzafera, and N. D. Filho. 2006. Anatomical characteristic and enzymes of the sucrose metabolism and the relationship with latex yield in rubber tree. *Braz. J. Plant. Physiology*. 18 (2), 2006.
- Milford. G. f. j., E. c. Paardekooper, C. V. Ho. 1969. Latex vessel plugging; its importance to yield and clonal behavior. *Rubb. Res. of Malaya*. 21 (2), 274-282.
- Murti, R. H., T. Kurniawati, dan Nasrullah. 2004. Pola pewarisan karakter buah tomat. *J. Zuriat*. 15 (2), 140-149.
- Novalina, et al. 2008. Keragaan hubungan berbagai komponen hasil tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) pada dua populasi hasil persilangan PB 260 dengan PN. *Bul. Agron*. 36 (2), 153-160.
- Novalina. 2009. Deteksi Marka Genetik yang Terpaut dengan Komponen Produksi Lateks pada Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) Melalui Pemetaan QTL., Disertasi. Program Pasca-sarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Petr, F. C. and K. J. Frey. 1966. Genotypic correlation dominance and heritability of quantitative characters in oats. *Crop.Sci*. 6 (1), 259-262.
- Simmond, N. W. 1989. Rubber Breeding. In: Webster C. C. and W. J. Baulkwill. (eds). *Rubber*. Longman Group. London.
- Stansdfield, W. D. 1991. *Genetika*. Edisi kedua. Teori dan soal-

- soal. Erlangga. Jakarta. 417 p.
- Subroto, H. 1995. Correlations studies of latex flow characters and latex mineral content. *Proc. Symp. IRRDB*. Kuala Lumpur.
- Sumarmadji. 1999. Respons Karakter Fisiologi dan Produksi Lateks Beberapa Klon Tanaman Karet terhadap Stimulan Etilen. Disertasi. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Taussky, H. H. and E. Shorr. 1953. A micro colorimetric methods for the determination of inorganic phosphorus. *Boil. Chem.* 202, 675-685.
- Woelan, S. dan R. Azwar. 1990. Kompatibilitas kombinasi persilangan dari berbagai klon karet. *Pros. Lok. Nas. Pemuliaan Tanaman Karet*. Pontianak. 14-17 Juli 1990. P.174-189.
- Woelan, S., R. Tistama, dan Aidi-Daslin. 2007. Determinasi keragaman genetik hasil persilangan inter populasi berdasarkan karakteristik morfologi dan teknik RAPD. *J. Penel. Karet.* 25 (1),13-27.
- Yang, S., and. Y. Mo. 1990. Some physiological properties of latex from anther somatic plants derived from two *hevea* clones. In: Physiology and exploitation of *Hevea brasiliensis*. *Proc. IRRDB Symposium*. Kunming, China. 6-7 October 1990. p. 14-19.